MinebeaMitsumi
Passion to Create Value through Difference

วันที่ 24 มิถุนายน 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์วิทยากร
เรียน คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เนื่องด้วยบริษัท เอ็นเอ็มบี - มินีแบ ไทย จำกัด จัดแผนการจัดฝึกอบรมในหลักสูตร เทคนิคการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม" ประจำปี 2564 ขึ้น จำนวน 1 รุ่น เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นให้พนักงาน ด้านการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ดังกล่าวนี้

ดังนั้น บริษัทฯ ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ อาจารย์ประจำวิชาวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิทยากรหลักสูตร "เทคนิคการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม. ในวันที่ 24 สิงหาคม 2565 เวลา 09.00 – 16.00 น. โดยเป็นการอบรมรูปแบบออนไลน์

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และขอขอบพระคุณในความร่วมมืออย่างดีเสมอมา

ขอแสดงความนับถือ

.....

(นายพาษกล วัจนสุนทร)
ผู้จัดการฝ่ายทรัพยากรบุคคล และบริหาร

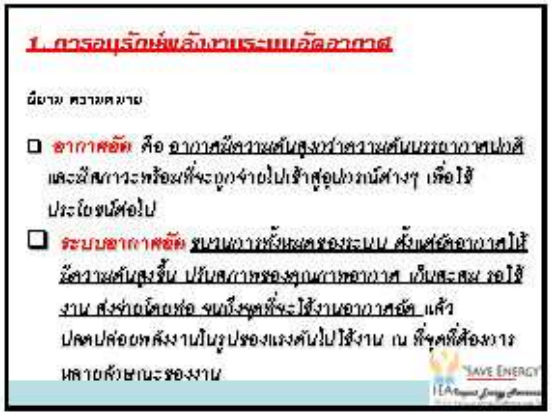
ติดต่อประสานงาน คุณมนัส มิ่งบุญ ฝ่ายทรัพยากรบุคคลฯ เบอร์โทร 0-3536-1439 ต่อ 1723, 1776

"เทคนิคการประหยัดพลังงาน
ในโรงงานอุตสาหกรรม"

SPU

ประวัติวิทยากร
energy
saving

หัวข้อนำเสนอ
1. การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ
2. การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง
3. การอนุรักษ์พลังงานในระบบ
4.บอเลอร์ประสิทธิภาพสูง
5. กรณีตัวอย่าง


1. การอนุรักษ์พลังงานระบบอัดอากาศ
นิยาม ความหมาย
อากาศอัด คือ อากาศที่มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศปกติ และมีศักยภาพหรือพร้อมที่จะถูกจ่ายไปเข้าสู่อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป
ระบบอากาศอัด หมายความทั้งหมดของระบบ ตั้งแต่อัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้น ปรับสภาพของคุณภาพอากาศ เก็บสะสม รอใช้งาน ส่งจ่ายโดยท่อ จนถึงจุดที่จะใช้งานอากาศอัด แล้วปลดปล่อยพลังงานในรูปของแรงดันไปใช้งาน ณ ที่จุดที่ต้องการ
SAVE ENERGY

พื้นฐานของระบบอากาศอัด

ตัวแปรที่สำคัญ อากาศอัดเพื่อใช้งาน

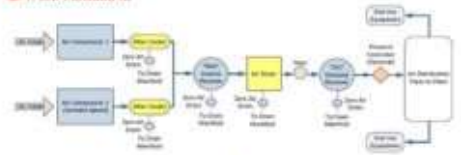
Input

อากาศ ความดัน / แรงอากาศ
- ไม่ใช้งาน 28%
- ออกซิเจน 21%
- ความชื้นไอออกไซด์ ความดัน ขณะ 1%
- ความชื้นหรือไอน้ำ 1%

กำลังไฟฟ้า (kW)
พลังงานไฟฟ้า (kWh)

Output

ส่วนประกอบของระบบอัดอากาศ



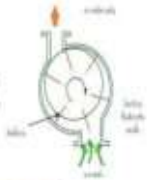
Electric Energy → Compressed Air

Generation → Transmission → Utilization

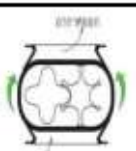
ชนิดของเครื่องอัดอากาศ

1. เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)

2. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่เวน (Rotary Vane Compressor)



3. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่สกรู (Rotary Screw Compressor)



หมวด	ลูกสูบ	โรตารี่เวน	โรตารี่สกรู
ระดับเสียง	สูง	ต่ำสุด	ปานกลาง
ขนาด	ไม่กะทัดรัด	กะทัดรัด	กะทัดรัด
น้ำมันที่ถูกพาไปกับอากาศ	มีน้ำ	ต่ำ- ปานกลาง	ต่ำ
การสั่นสะเทือน	สูง	เกือบไม่มี	เกือบไม่มี
การบำรุงรักษา	เปลี่ยนส่วนสึกหรอบ่อยครั้ง	เปลี่ยนส่วนสึกหรอบ้างครั้ง	มีส่วนสึกหรอน้อยมาก
ปริมาณ	ต่ำ- สูง	ต่ำ- ปานกลาง	ต่ำ- สูง
การเดิน	ปานกลาง - สูงมาก	ต่ำ- ปานกลาง	ปานกลาง - สูง
ประสิทธิภาพที่โหลดเต็มที่	สูง	ปานกลาง - สูง	สูง
ประสิทธิภาพที่โหลดบางส่วน	สูง	ไม่ดีเมื่อโหลดต่ำกว่าครึ่ง	ไม่ดีเมื่อโหลดต่ำกว่าครึ่ง

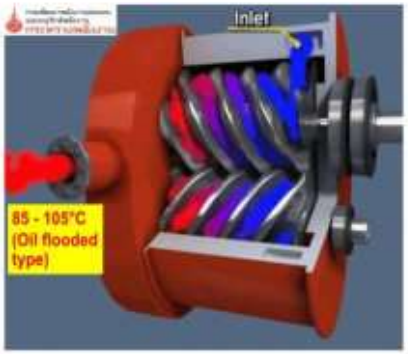
เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศแต่ละชนิด

ชนิดของเครื่องอัดอากาศ	ไฟฟ้าที่ต้องการ	
	กระแสไฟฟ้า (คิดเป็น % ของกระแสไฟฟ้าเต็ม)	กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์/ลบ.ม./นาที)
แบบลูกสูบ	10 - 25 %	หนึ่งขั้น : 6.33 - 7.17 สองขั้น : 5.00 - 5.83
แบบโรตารี่เวน	30 - 40 %	6.67 - 7.50
แบบโรตารี่สกรู	25 - 60 %	5.83 - 6.67

Screw Air Compressor (Positive Displacement Type)

เฟือง !

5.5 kW 37.0 kW



Compressed Air Temperature

Adiabatic Process => Heat Transfer = 0 (ไม่มีการถ่ายเทความร้อน)

$T_2 = (T_1 + 273.15) \times R^{(k-1)/k} - 273.15$

T_2 = Compressed air temperature (Deg. C)

T_1 = Ambient air temperature (Deg. C) = **30**

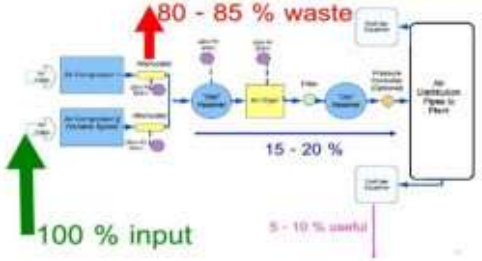
R = Compression ratio (Ratio of absolute pressure) = (7 + 1)/1

k = Specific heat ratio (1.4 for air)

$T_2 = (30 + 273.15) \times (8/1)^{(1.4-1)/1.4} - 273.15 =$ **276** Deg. C

Very high temperature! Have to cool down!

Energy flow in compressed air system



การใช้ข้อมูลจากเครื่องอัดอากาศ

Running 3,919 hr
Load 1,382 hr
Load Factor 35.3%

RUNNING HOUR 10,374 hr

RUNNING COUNT 3,457 time
LOAD COUNT 711,205 time
LOAD HOUR 4,167 hr

RUNNING HOUR	10,374 hr
RUNNING COUNT	3,457 time
LOAD COUNT	711,205 time
LOAD HOUR	4,167 hr
% Load Factor	4,167/10,374 = 40.17%
Running; hr/count	10,374/3,457 = 3.00
Load; hr/count	4,167/711,205 = 0.006
Load; count/hr	711,205/4,167 = 170.7
Load; sec/count	4,167x3,600/711,205 = 21.09
Cycle time; sec	10,374x3,600/711,205 = 52.51
Loss (Thai Baht)	(10,374-4,167)x75x0.3x3.75
	523,715 !!!!

การใช้พลังงานจำเพาะของระบบอัดอากาศ (SEC.)

ชนิดของเครื่องอัดอากาศ	การปรับโหลดให้ใช้ได้ต้องการเฉพาะเป็น	การปรับลดเป็นให้ใช้ได้ต้องการ ณ ที่ความดัน 700 kPa
	ระดับการปรับลด	
Reciprocate	10 - 25 %	สั้นดีขาว 0.38 - 0.43 kW/litre/sec ห้องสั้น 0.30 - 0.35 kW/litre/sec
Rotary vane	30 - 40 %	0.40 - 0.45 kW/litre/sec
Rotary Screw	25- 50 %	0.35 - 0.40 kW/litre/sec
Centrifugal	20- 30 %	0.30 - 0.35 kW/litre/sec

การใช้กำลังงานจำเพาะของระบบอัดอากาศ (SPC.)

Best	Average	Worst
0.101 kWh/m^3	0.122 kWh/m^3	0.300 kWh/m^3

การบำบัดอากาศ (Air Treatment) หรือการปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด (Treatment

ตัวอย่าง มาตรการอัดกรองอากาศ (Air Filter)

ตัวอย่าง เรื่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

ตัวอย่างการประเมินความเที่ยงตรงที่ 1 เรื่องประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ

ในงานนี้ ได้ทำการตรวจวัดพลังงานของเครื่องอัดอากาศมีค่าเท่ากับ 75 kW และวัดค่าปริมาณอากาศอัดที่เครื่องได้ (AP) ตามวิธีการข้อ 4.1.1 ได้ค่าเท่ากับ 98.72 liters ดังนั้น สามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศได้ดังนี้

ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ (AE) = AP/ P

= 98.72/75 Liters/kW

= 1.32 Liters/kW

ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศตามตารางภาคผนวก 1 ของประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ ขนาด ของโรงงานนี้ นั้นค่าที่ได้ของอุตสาหกรรมเครื่องอัดอากาศอยู่ในช่วง 25-250 Liters จะมีประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 2.33 liters/kW

ค่าร้อยละของประสิทธิภาพ = ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศที่ได้จากการตรวจวัด / ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ภาคผนวก 1)

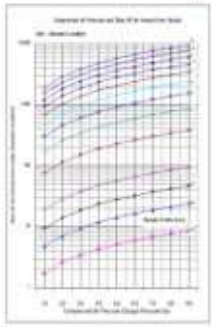
= 1.32/2.33 = 56.65%

ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด

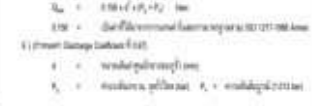
การรั่วมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การรั่วตรง และการรั่วซึม

วัตถุประสงค์
- ค่าเสียจะสมพัดคุณภาพ ใช้งานกับอุปกรณ์ เช่น ปืน ลม มีผลกระทบ

ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (ต่อ)



ตาราง ตาย หายเป็น ขนาดหัวใช้ และ ของใช้งานของจอง หากรู้ขนาดรูรั่วและแรงดันที่ใช้



Estimating Amount of Leakage:

For compressors that have load/unload controls.

Total leakage (percentage) can be calculated as follows:

Leakage (%) = [(T x 100)/(T + t)]

Where: T = on-load time (minutes)
t = off-load time (minutes)

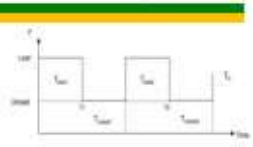
Leakage will be expressed in terms of the percentage of compressor capacity lost or leak flow rate in l/sec, m³/min, cfm, etc.

Pn = 55 kW
Qn = 10.1 m³/min

SEC. = 5.5 kw/(m³/min)
= 0.33 KW/L/s)

Specific energy consumption (SEC.) การใช้พลังงานจำเพาะ

ค่าสูญเสียอากาศอัด



เดินเครื่องเปล่า ๑ ชม.
เสียงเสียง ขนาดใช้กระแสไฟฟ้าเดินเครื่องเปล่า ๑ ชั่วโมง เป็นเงิน ค่าเสียเสียงเฉลี่ย ๑๒ ชั่วโมง/วัน

หากปฏิบัติ ทุกๆ ๑ แก้ไขเสียงเสียงจาก
- สายลมเสียง ๑ แก้ไขเสียง และ หยุดเสีย เบอร์ลม ๑ แก้ไขเสียง ซึ่งมากขึ้น เสียงเสียงที่ดังมาก ผู้ที่ใกล้ไปเดินระบบจากเสียง ๑๐ ประมาณ ๑๐ เปอร์เซ็นต์ของจากค่างานเสียง ค่าไม่เสียงจากใช้งาน เสียงเสียง ขนาด และ ประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น ค่าไฟฟ้า

SAVE ENERGY

ตารางการประเมิน % ผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับลดความดันอากาศอัด

ความดันปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง									
	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
3.5	2.9%	5.5%	7.8%	9.9%	11.7%	13.6%	15.0%	16.6%	17.8%	19.0%
4.0	0.0%	2.7%	5.0%	7.1%	9.1%	10.8%	12.5%	13.9%	15.3%	16.6%
4.5		0.0%	2.4%	4.5%	6.5%	8.4%	10.0%	11.6%	13.0%	14.3%
5.0			0.0%	2.2%	4.3%	6.1%	7.8%	9.4%	10.8%	12.2%
5.5				0.0%	2.1%	4.0%	5.7%	7.3%	8.8%	10.2%
6.0					0.0%	1.9%	3.7%	5.3%	6.9%	8.3%
6.5						0.0%	1.8%	3.5%	5.0%	6.5%
7.0							0.0%	1.7%	3.3%	4.7%
7.5								0.0%	1.6%	3.2%
8.0									0.0%	1.5%
8.5										0.0%

ตัวอย่าง เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบขนาด 7.5kW มีการใช้พลังไฟฟ้าในช่วง Load 7kW การทำงาน 12 ชม./วัน 300 วัน/ปี เปอร์เซ็นต์การทำงาน 80 เปอร์เซ็นต์ มีการปรับตั้งความดันที่ 8.5 Bar_g แต่อุปกรณ์ที่ใช้ต้องการความดันที่ 6.5 Bar_g เมื่อทำการปรับลดความดันจะประหยัดได้เท่าไร?

การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง = 7.0 x 12 x 300 x 0.8

= 20,160 kWh/ปี

หากการปรับลดความดันลงจาก 8.5 Bar_g เหลือเพียง 6.5 Bar_g สามารถประหยัดได้ 4.5 %

ผลประหยัดจากการลดความดัน = 20,160 x 6.50 %

= 1,310.40 kWh/ปี

อ่างเก็บลมอากาศอัด (Air Receiver Tank)

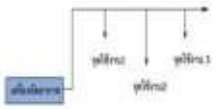
- หน้าของอากาศให้อากาศอัดแห้ง
  - ใช้อากาศอุดความชื้น (ที่มีก๊าซ) ที่สามารถอุดความชื้นออกจากอากาศได้
  - ใช้เครื่องทำความเย็นเพื่อทำให้อากาศเย็น

ระบบส่งจ่ายอากาศอัด

ระบบท่ออากาศอัดแบบเส้นเดี่ยว

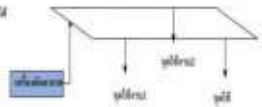
อากาศอัดจากเครื่องอัดอากาศเข้าสู่อ่างเก็บลมอากาศอัดก่อน

อากาศอัดจากอ่างเก็บลมจ่ายให้กับผู้ใช้งาน



ระบบท่ออากาศอัดแบบวงแหวน

ระบบท่อลมอากาศอัดแบบวงแหวนจะช่วยให้ความดันลมอากาศอัดในท่อมีค่าคงที่



- การควบคุม
  - การมีเครื่องอัดอากาศหลายชุดหรือตั้งแต่ 3 ชุดขึ้นไปควรมีอุปกรณ์ที่ pressure switch control แบ่งกัน เป็น auto pressure management control โดยจะประหยัดพลังงานได้ถึง 15-20%

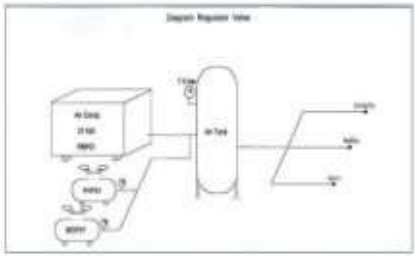
- ลักษณะการใช้งาน (การมีใช้งาน)

การสามารถลดการเปิดลูกสูบของเครื่องอัดอากาศโดยใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องอัดอากาศโดยการใช้ลมที่ได้จากเครื่องอัดอากาศ และสามารถทำงานร่วมกันกับเครื่องอัดอากาศ และสามารถทำงานร่วมกันกับเครื่องอัดอากาศ ขนาด 37 กิโลวัตต์ (50 แรงม้า) จำนวน 1 เครื่อง ใช้งานสลับกันกับเครื่องอัดอากาศลูกสูบ ขนาด 11 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง ใช้งานสลับกันกับเครื่องอัดอากาศที่ใช้ลูกสูบ ในการผลิตลมอัดของโรงงาน และส่งไปยังผู้ใช้งาน

เครื่องอัดอากาศที่ใช้ระบบงานขนาด 37 กิโลวัตต์

เครื่องอัดอากาศที่ใช้ระบบงานขนาด 11 กิโลวัตต์ 2 เครื่อง

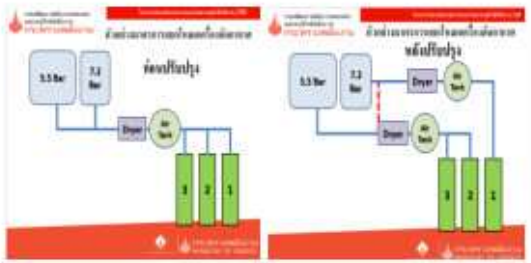
- ลักษณะการใช้งาน (กรณีศึกษา)



ติดตั้งเครื่องอัดอากาศ และแนวการต่อท่อลมเข้าสู่ระบบใช้งาน

ตัวอย่าง มาตรการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ Improvement

มาตรการระยะสั้นและเร่งด่วน



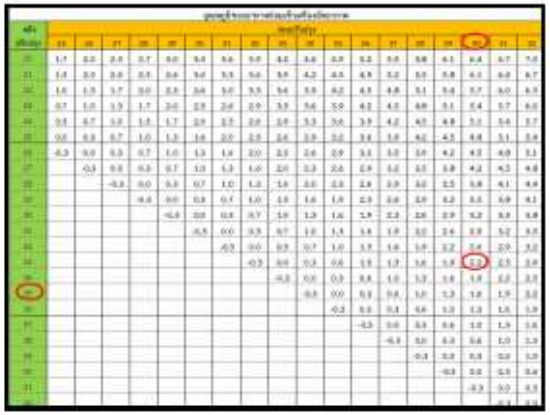
Two unit running (Base and trim)

การบำบัดอากาศ (Air Treatment) หรือการปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด (Treatment of Compressed air) (ต่อ)

คุณภาพที่ลดลงเมื่อ

อุณหภูมิ 3 C ที่เพิ่มขึ้นปริมาตรจะลดลง 1 %

ความชื้นที่ไม่ต้องการ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำที่ควบแน่นที่ความดันใช้งาน (1000 ซีซี/ลบ.ม.)		
	3 °C	8 °C	10 °C
4	80	160	240
7.5	150	300	455
11	220	440	725
18	360	600	990
22	440	880	1,450
30	600	1,200	1,980
37	740	1,480	2,440
55	1,100	2,200	3,625
75	1,500	3,000	4,950
110	2,200	4,400	7,260
160	3,200	6,400	10,550



การใช้อากาศอัดรูปแบบหนึ่งที่ทำให้
ระบบอากาศอัดมีประสิทธิภาพต่ำมาก
คือ การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ

- ทำความสะอาด
- ทำให้เย็น
- ทำให้แห้ง (เป่าไล่น้ำ)
- ทำให้เคลื่อนที่
- ฯ

การใช้อากาศอัดรูปแบบหนึ่งที่ทำให้
ระบบอากาศอัดมีประสิทธิภาพต่ำมาก คือ

Direct blow-off

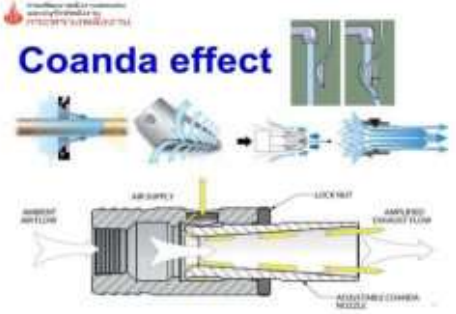
(Unregulated)

การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ
- ทำความสะอาด

การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ
- ทำให้เย็น

การใช้อากาศอัดเป่าโดยตรง เพื่อ
- ทำให้เคลื่อนที่

Coanda effect



AIR SAVING OPPORTUNITIES IN COMPRESSED AIR BLOW OFF SYSTEMS

Air amplifier factor

Air nozzle with air flow amplification

Air Consumption of Open Tube And Pipe

Pressure Supply			Air Consumption of Homemade Blowoffs					
			Copper Tube			Open Pipe		
PSIG	BAR		1/4"	3/16"	3/8"	1/8"	1/4"	3/8"
80	5.5	SCFM	33	58	87	70	140	240
		SLPM	934	1641	2462	1981	3962	6792

Air Consumption — Force* — Sound Level

Air Consumption		Force*		Sound Level
SCFM	SLPM	Ozs	Grams	dBA
10	283	9	255	71

* Force measured at 12" (305mm) from target
Sound level measured at 3' (914mm)
All measurements taken at 80 PSIG (5.5 BAR)

CA saving = 70 – 10 = 60 scfm (85.7 %)
= 60 x 0.0283 = 1.698 m^3/min
Power saving = Q x SPC = 1.698 x 6.5 = 11 kW
Utilization Factor = 15 %
Elec. Energy Price = 4.00 THB/kWh
Plant Operating hr = 24 x 330 = 7,920 hr/year
Cost saving = 11 x 0.15 x 7,920 x 4.00

Cost saving **= 52,272 THB**

$ 200 / 5 x 50 = 2,000 THB → Expensive ??
But payback period < 0.5 month !

40:1

Air ratio
40 : 1
Air ratio
30 : 1
Principle
of
air knife

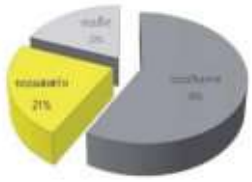
Fume control

Total air consumption = 4 x 21.8
= 87.2 scfm
Compressed air saving = 276 – 87.2
= 188.8 scfm

2. การจัดการระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีความสำคัญและมีอัตราการใช้พลังงานเป็นลำดับ 2 รองจากระบบปรับอากาศ

- เป็นระบบที่สามารถดำเนินมาตรการการอนุรักษ์พลังงานได้ง่าย
- ลงทุนไม่สูงมากในการดำเนินมาตรการ
- สร้างภาพลักษณ์ในการเอาใจใส่ต่อการอนุรักษ์พลังงานได้ดี

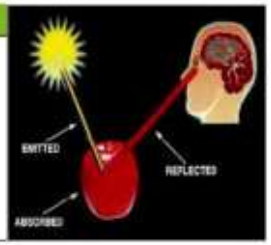


ที่มา : คู่มือการพัฒนาบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคารประเภทโรงแรม แก้ไขใหม่

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในอาคาร

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในอาคาร

สี	ความยาวคลื่น (nm)
แดง	760-630
ส้ม	630-590
เหลือง	590-560
เขียว	560-490
น้ำเงิน	490-440
คราม	440-420
ม่วง	420-380



สีแดง ชี้มีความยาวคลื่นยาวสุด

สีม่วง ชี้มีความยาวคลื่นสั้นสุด

ประสิทธิผลของการส่องสว่าง (Light Efficiency)

ปริมาณแสง (ลูเมน) / กำลังงานไฟฟ้า (วัตต์) (lm/W)

หลอดที่มีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูง หมายถึงหลอดที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาก เพราะกินกำลังงานไฟน้อย แต่ให้ปริมาณแสงเท่ากัน

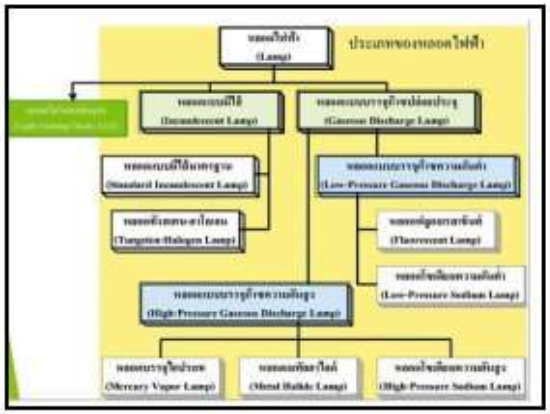
ประสิทธิผลของการส่องสว่าง (Light Efficiency)

การพิจารณาเลือกใช้หลอดไฟ

ค่าความส่องสว่างเหมาะสมกับพื้นที่

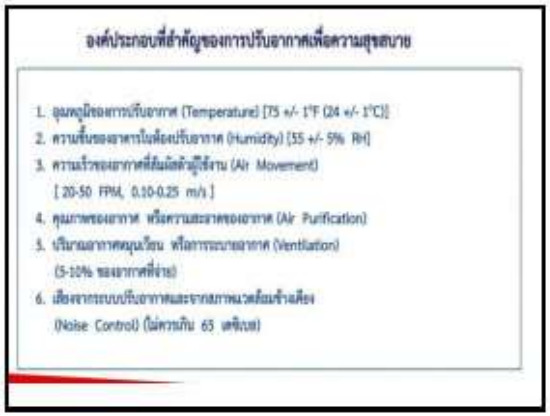
- ห้องแต่ละประเภทต้องการความสว่างไม่เท่ากัน
- ค่าที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่สามารถดูได้จากมาตรฐานแนะนำให้ใช้งานของหลอดไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

$$E\ (lux) = \frac{\text{ปริมาณแสงที่ออกจากดวงโคม (lumen)}}{\text{พื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง (ตร.เมตร)}}$$


ประเภทของหลอดไฟฟ้า
(Lamp)
(Incandescent Lamp)
(Gaseous Discharge Lamp)
(Standard Incandescent Lamp)
(Low-Pressure Gaseous Discharge Lamp)
(Tungsten-Halogen Lamp)
(Fluorescent Lamp)
(Low-Pressure Sodium Lamp)
(High-Pressure Gaseous Discharge Lamp)
(Mercury Vapor Lamp)
(Metal Halide Lamp)
(High-Pressure Sodium Lamp)

ประเภทของหลอดไฟฟ้า
Incandescent Lamp
Tungsten-Halogen Lamp
Fluorescent Lamp
LED Tilt
Low-Pressure Sodium Lamp
LED Lamp
Mercury Vapor Lamp
High-Pressure Sodium Lamp
Metal Halide Lamp

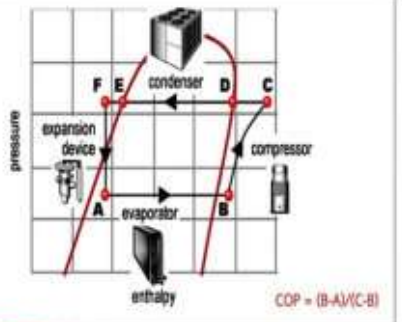
3.การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ


องค์ประกอบที่สำคัญของการปรับอากาศเพื่อความสุขสบาย
1. อุณหภูมิของการปรับอากาศ (Temperature) [75 +/- 1°F (24 +/- 1°C)]
2. ความชื้นของอากาศในห้องปรับอากาศ (Humidity) [55 +/- 5% RH]
3. ความเร็วของอากาศที่สัมผัสตัวผู้ใช้งาน (Air Movement)
[20-50 FPM, 0.10-0.25 m/s]
4. คุณภาพของอากาศ หรือความสะอาดของอากาศ (Air Purification)
5. ปริมาณอากาศหมุนเวียน หรือการระบายอากาศ (Ventilation)
(5-10% ของอากาศที่จ่าย)
6. เสียงจากระบบปรับอากาศและจากภายนอกต้องเข้าเสียง
(Noise Control) (ไม่ควรเกิน 65 เดซิบล)

ภาระการปรับอากาศ (Cooling Load Profile)
1. ภาวะอากาศภายนอกที่ใช้ในการออกแบบ (อุณหภูมิและความชื้น)
2. ภาวะอากาศภายในที่ใช้ในการออกแบบ เช่น สำนักงาน ห้องอ่านหนังสือ
3. ภาระความร้อนจากภายนอกอาคาร
- ความร้อนผ่านผนังที่ภายนอกและพื้นดิน โดยการถ่ายเทความร้อน
- ความร้อนผ่านผนังกระจกหรือหน้าต่างและพื้นหลังคา
- ความร้อนจากอากาศภายนอกรั่วไหลเข้าห้องปรับอากาศ
4. ภาระความร้อนจากภายในอาคาร
- ความร้อนจากคน
- ความร้อนจากแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า
5. ภาระความร้อนจากการหมุนเวียนอากาศ (Ventilation Load)

วัฏจักรทำความเย็นและ P-H Diagram
ประกอบด้วย
1. เครื่องอัด (Compressor)
2. เครื่องสายแบ่ง (Condenser)
3. วาล์วขยายตัว (Expansion Valve)
4. เครื่องระเหย (Evaporator)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pressure และ Enthalpy



ระบบปรับอากาศ

ประเภทของระบบปรับอากาศ

1. ระบบปรับอากาศแบบระบบ VRV หรือ VRF
2. ระบบปรับอากาศแบบชุด (Package unit air condition)
3. ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller system)
4. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air condition)

ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศแบบระบบ VRV หรือ VRF

ประกอบด้วย Condensing Units และ Fan coil Units

Variable Refrigerant Flow (VRF) ระบบปรับอากาศชนิดแบ่งเป็นน้ำยา (สารทำความเย็น) ยิ่งใช้มาก ความสามารถในการทำความเย็นยิ่งเพิ่มขึ้นในแต่ละห้อง

ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศแบบชุด (Package unit air condition)

ประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ผลิตอยู่ในชุดเดียวกัน

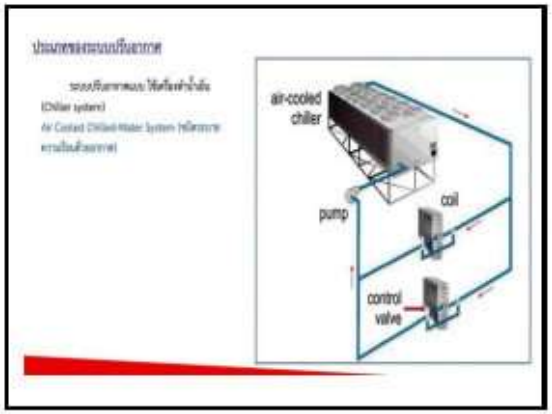
ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศแบบใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller system)

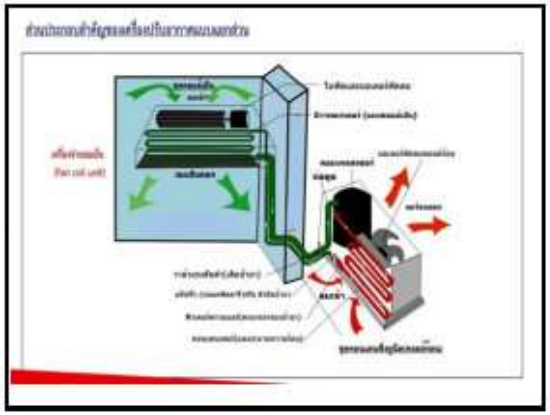
เหมาะกับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่มากกว่า 200 ตันทำความเย็นขึ้นไปประกอบด้วย

1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)
2. หอผึ่งน้ำ (Cooling tower) หมุนระบายความร้อนด้วยน้ำ
3. เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled water pump)
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser water pump)
5. เครื่องส่งลมเย็น (Air handling unit)
6. เครื่องทำลมเย็น (Fan coil unit)

Cooling Tower
Chiller


air-cooled chiller
pump
coil
control valve

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type air condition)
- FAN COIL UNIT ใช้ไฟฟ้า 5-10%
- CONDENSING UNIT ใช้ไฟฟ้าในส่วนคอมเพรสเซอร์ COMPRESSOR



5

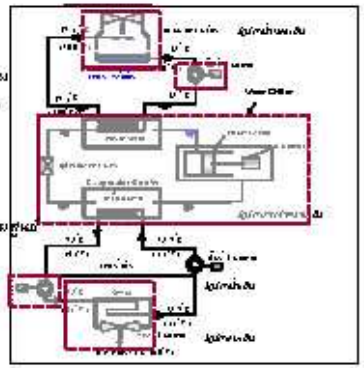
ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central System)
- ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled System)
- ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled System)

หลักการทำงาน

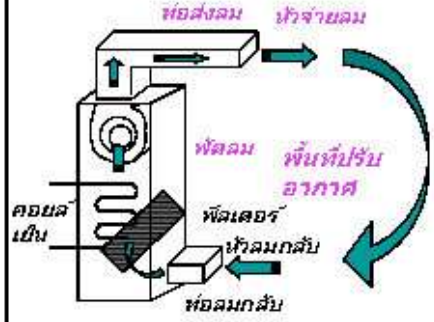
- วัฏจักรการทำความเย็น
- วัฏจักรน้ำหล่อเย็น
- วัฏจักรน้ำเย็น
- วัฏจักรลมเย็น

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

- เครื่องทำน้ำเย็น
- เครื่องสูบน้ำ
- ขดทำความเย็น
- เครื่องส่งลมเย็น



วงจรอากาศ



ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

การวิเคราะห์ดัชประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of Performance) ,COP

$$COP = \frac{\text{ความร้อนที่ต้องการนำออกหรือความสามารถในการทำความเย็น (kWth)}}{\text{งานที่ใช้ในระบบ (kWth)}}$$

อัตราส่วนประสิทธิ์ในพลังงาน (Energy Efficiency Ratio), EER

$$EER = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h)}}{\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องอัดไอ (Watt)}}$$

หมายเหตุ : EER ที่ดูดีดี มาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบที่ 1 จะต้องมี EER ไม่ต่ำกว่า 11.0 และ มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) เครื่องปรับอากาศที่ใช้ความเย็นเพื่อการอยู่อาศัยและสำนักงาน เบอร์ 4 มี EER 11.0 ขึ้นไป (2012)

การตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP)

$$COP = \frac{\dot{Q}_L}{E_{comp}}$$

Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น, kW

E_{comp} = พลังไฟฟ้า, kW

- ค่า COP ที่พิจารณาเฉพาะประสิทธิภาพของการทำความเย็นที่ **คอมเพรสเซอร์เท่านั้น**
- ค่าดัชประสิทธิ์ของสมรรถนะของทั้งระบบ (System COP, SCOP) จะต้องรวมพลังงานที่จ่ายให้กับพัดลม และเครื่องสูบน้ำด้วย
- SCOP ที่มีค่าสูงหมายถึงระบบปรับอากาศใช้พลังงานน้อย

การตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

อัตราการทำความเย็น

- คำนวณจาก *การหมุนเวียนอากาศผ่านคอยล์เย็น*

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_a(h_i - h_e)$$

$$\dot{m}_a = \rho_a \dot{V}_a = \rho_a v_a A_{dif}$$

Q_L = อัตราการทำความเย็น, kW

m_a = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ, kg/s

h_i = เอนทัลปีของอากาศที่เข้าคอยล์, kJ/kg

h_e = เอนทัลปีของอากาศที่ออกจากคอยล์, kJ/kg

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m³

V_a = การไหลเชิงปริมาตรของอากาศผ่านคอยล์, m³/s

v_a = ความเร็วของอากาศที่หัวจ่ายลม, m/s

A_{dif} = พื้นที่ของหัวจ่ายลม, m²

การตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

$$\dot{Q}_L = 5.707 \times 10^{-3} \times \dot{V}_a \times (h_i - h_e)$$

Q_L = ความสามารถในการทำความเย็น, *TR*

V_a = ลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็น, m³/min

ข้อมูลที่ต้องตรวจวัด

- ความเร็วของลมจ่ายที่หัวจ่ายลม
- พื้นที่ของหัวจ่ายลม
- อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่เข้า-ออกคอยล์เย็น
- กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ตัวอย่างที่ 1 การตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ **Split type** เครื่องหนึ่ง

- ความเร็วลมกลับเฉลี่ย 0.5 m/s และพื้นที่ช่องลมกลับ 0.9 m²
- ลมจ่าย 15.8°C และ 78.7%RH และลมกลับ 25.1°C และ 58.2%RH
- กำลังไฟฟ้า 2.4 kW

เอนทัลปีลมจ่ายและลมกลับเท่ากับ 38.1 kJ/kg และ 54.8 kJ/kg

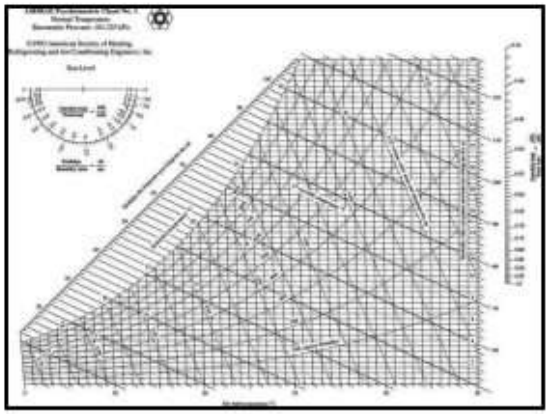
ลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็น = 0.5*60*0.9 = 27 ลบ.ม./นาที

Q_L = $5.707 \times 10^{-3} \times 27.0 \times (54.8 - 38.1)$

= 2.6 TR (30,879 Btu/h หรือ 9.05 kW)

EER = (30,879)/(2.4 x 1,000) = 12.9 (เครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5)

COP = (9.05)/(2.4) = 3.77



เครื่องทำน้ำเย็น

อัตราการทำความเย็น

- คำนวณได้จาก *การหมุนเวียนน้ำผ่านเครื่องทำน้ำเย็น*

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_w c_{p,w} (T_{w,ro} - T_{w,ri})$$

$$\dot{m}_w = \rho_w \dot{V}_w$$

$\dot{m}_w$ = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำเย็น, kg/s

$c_{p,w}$ = ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ, kJ/kg.K

$T_{w,ri}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเครื่องทำน้ำเย็น, °C

$T_{w,ro}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นออกจากเครื่องทำน้ำเย็น, °C

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ, kg/m³

$\dot{V}_w$ = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น, m³/s

$$\dot{Q}_L = \frac{\dot{V}_w (T_{w,ro} - T_{w,ri})}{24}$$

Q_L = อัตราการทำความเย็น, TR

V_w = อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น, GPM

$T_{w,ri}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเครื่องทำน้ำเย็น, °F

$T_{w,ro}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นออกจากเครื่องทำน้ำเย็น, °F

ข้อมูลที่ต้องตรวจวัด

- อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำเย็น
- อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าของเครื่องทำน้ำเย็น
- อุณหภูมิน้ำเย็นด้านออกของเครื่องทำน้ำเย็น

การตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

ตัวอย่างที่ 2 การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นเครื่องหนึ่ง

- อัตราการไหลของน้ำเย็นเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 480 GPM
- อุณหภูมิน้ำเข้า 55°F และไหลออก 45°F
- ความต้องการไฟฟ้า 120 kW

ขนาดทำความเย็น = 480*(55-45)/24

= 200 TR (2,400,000 Btu/h หรือ 702.7 kW)

ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น

EER	= (2,400,000)/(120 x 1000)	= 20.0
COP	= (702.7 x 1000)/(120 x 1000)	= 5.85
kW/TR	= (120)/(200)	= 0.6

การตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

การตรวจวัดสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

การเลือกประเภทของระบบปรับอากาศให้เหมาะสม

- ประเภทของอาคาร
- ขนาดของพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ
- สถานที่ตั้ง
- ค่าใช้จ่ายและการลงทุน
- ความต้องการของแต่ละพื้นที่ / ภาระของพื้นที่ย่อยและส่วนกลาง
- การออกแบบทางสถาปัตยกรรม / พื้นที่ว่างในฝ้า / ช่องว่างใต้พื้น
- จำนวนชั่วโมงในการทำงาน และความยืดหยุ่นของความต้องการ
- ความคงทนในการใช้งาน และการสูญเสียที่มีผลต่อผลผลิตหรือผลงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

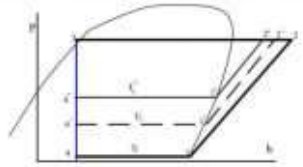
การเลือกประเภทของระบบปรับอากาศให้เหมาะสม

ลักษณะของเครื่องปรับอากาศ	พิกัดความเย็น	(กิโลวัตต์/ตัน)
เครื่องแบบหน้าต่าง (Window Type)	0.5 - 3	1.2 - 1.5
เครื่องแบบแยกส่วน (Split Type)	0.75 - 3.0	1.2 - 1.5
Packaged Air-cooled Air-conditioner	3-10	1.2 - 1.5
Packaged Water-cooled Air-conditioner	1-50	1.2
Air-cooled Water Chiller	3-10	1.4 - 1.6
[redacted]	10 - 500	1.4 - 1.6
Water-cooled Water Chiller	500 - 10,000 หรือมากกว่า	0.6 - 1.4

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

การเพิ่มอุณหภูมิระเหยด้านดูดหรือความดันด้านต่ำ

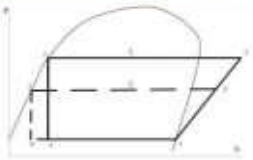
- อุณหภูมิยิ่งสูง ค่า COP ยิ่งสูง
- ข้อจำกัด: ขึ้นอยู่กับการใช้งานพื้นที่ปรับอากาศว่าสามารถตั้งอุณหภูมิได้สูงสุดเท่าไร



มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

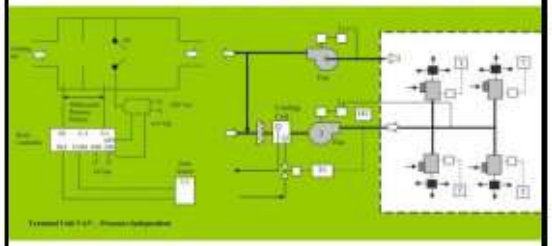
การลดอุณหภูมิควบแน่นหรือความดันด้านสูง

- อุณหภูมิยิ่งต่ำ ค่า COP ยิ่งสูง
- ข้อจำกัด: ขึ้นอยู่กับระบบหล่อเย็นว่าสามารถระบายความร้อนได้ดีมากน้อยเพียงใด



มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

ระบบส่งลมเย็นแบบปริมาตรแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume (VAV) System)



มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

การแบ่งพื้นที่ปรับอากาศ

- พื้นที่ภายใน หรือ พื้นที่ส่วนกลาง
- พื้นที่ภายนอกที่อยู่ริมผนังอาคาร
- ปัจจัยอื่น ๆ เช่น การบังเงาของอาคาร ต้นไม้ ฯลฯ

การควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร

- การจัดแบ่งปริมาณลมเย็นไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ต้องเหมาะสม
  - แบบตรงที่ (เปิด-ปิดสารทำความเย็น, ควบคุมการส่งลม, อุ่นอากาศ)
  - แบบแปรเปลี่ยนปริมาณลม

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ

การปรับปรุงตัวอาคาร เพื่อลดภาระของการปรับอากาศ

- อาคารหันในทิศทางที่เหมาะสม
- ติดตั้งฉนวนอย่างถูกต้องและเหมาะสม
- อุดและลดช่องรอยรั่วของกรอบอาคาร
- ติดตั้งชุดปิดประตู (Door Closer) ที่ประตู
- หน้าต่างต้องมีการบังแดดที่ดี
- ปริมาณอากาศภายนอกต้องไม่มากเกินความต้องการ
- การออกแบบอาคารที่เหมาะสมสามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศ ต้นทุนการติดตั้ง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินระบบ

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ

- เลือกประเภทและขนาดให้ถูกต้องตามประเภทของงาน
- ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
- พิจารณาใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ เพื่อควบคุมภาระที่เปลี่ยนแปลงของเครื่องสูบน้ำและพัดลม
- จัดอุปกรณ์และการควบคุมตามพื้นที่ที่แตกต่างกัน หรือโซนที่แตกต่างกัน (ไม่ควรให้มีพื้นที่คาบเกี่ยวกัน)
- การบำรุงรักษาที่เหมาะสม

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

การควบคุมการทำงาน

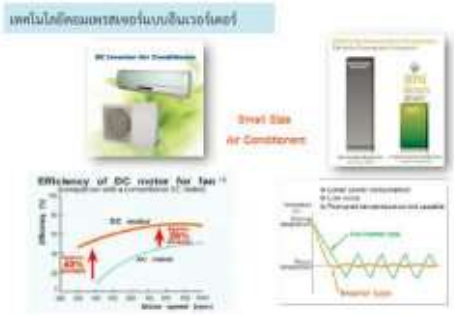
- ตั้งค่าอุณหภูมิให้ถูกต้องและเหมาะสม (ไม่เย็นเกินไป)
- ไม่เดินระบบถ้าไม่จำเป็น
- ติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณช่วยในการควบคุม
- ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่มีคุณภาพดี
- ใช้โปรแกรมควบคุมเวลา 365 วัน สำหรับอุปกรณ์ที่ง่ายหรือเล็ก
- สำหรับระบบที่มีความซับซ้อน ใช้การควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง ในการตรวจสอบ บันทึกข้อมูลของระบบพร้อมรายงานผล

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่

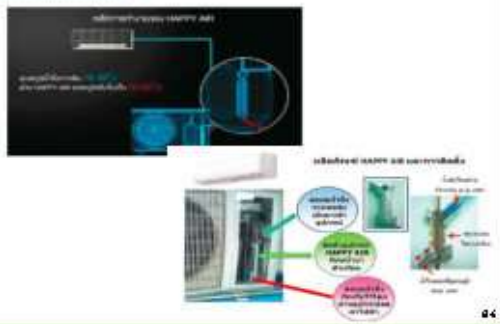
การบำรุงรักษา

- การบำรุงรักษาที่ดีควรจะต้อง
  - ถูกต้องตามความต้องการของอุปกรณ์
  - ยืดอายุการใช้งาน
  - ป้องกันประสิทธิภาพไม่ให้ต่ำลง
  - ใช้พลังงานน้อย
- โดยทั่วไปการบำรุงรักษาขึ้นอยู่กับ
  - ช่วงระยะเวลาที่กำหนดตามคำแนะนำของผู้ผลิต
  - จำนวนชั่วโมงในการทำงาน
  - ผลการตรวจสอบ

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน



การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน



การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ผลการทดลองติดตั้ง ณ โรงไฟฟ้าพระนครเหนือ

	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 2
กำลังไฟฟ้าขาเข้า	12.00 กิโลวัตต์	10.50 กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าขาออก	11.00 กิโลวัตต์	10.10 กิโลวัตต์
ประสิทธิภาพ	0.92 กิโลวัตต์/กิโลวัตต์	0.96 กิโลวัตต์/กิโลวัตต์
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	10.00 บาท	9.13 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	10.00 กิโลวัตต์	
กำลังไฟฟ้าขาเข้า	10.00 กิโลวัตต์	
กำลังไฟฟ้าขาออก	9.00 กิโลวัตต์	
ประสิทธิภาพ	0.900 กิโลวัตต์/กิโลวัตต์	1000 บาท/1.0 ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	9,000 บาท/ปี	
ระยะเวลาคืนทุน	10.00 ปี	

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

8. กลยุทธ์ลดพื้นที่สำหรับระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

1. ห้องปรับอากาศไม่ควรให้รู้สึกอึดอัดจนเกินไป
2. คอยล์เย็นไม่มีสิ่งกีดขวาง
3. คอนเดนซิ่งยูนิต ไม่มีสิ่งกีดขวาง
4. ค่า seaTR ปีต่ำ ปีดี
5. ค่า EER ปีสูง ปีดี
6. การลดความร้อนจากอาคาร และด้านหน้าการติดตั้งคอยล์เย็นด้านนอก ระบายความร้อนที่ดีเท่านั้น
7. การปรับตั้งยูนิตปรับต่ำๆ ไม่ควรให้ห้องเย็นเกินไป
8. การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ระยะห่างการปรับตั้งยูนิตปรับสูงขึ้นได้

ใช้ลามเหล็กที่มีคุณภาพดีกว่า
ใช้แม่เหล็กที่มากกว่า
ช่องอากาศระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์น้อยกว่า
ขนาดเส้นลวดที่ใหญ่กว่า
ลักษณะปีกมีขนาดใหญ่ขึ้น
ปรับปรุงเครื่องสูงขึ้น ผลิตผล ช่วงระยะอากาศ

ผลประหยัดพลังงานเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงขนาด 37 kW 4 Poles
Before (มอเตอร์เดิม)
After (มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง)
ucc

การพิจารณาเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
การคำนวณค่า Pay Back

การคำนวณค่าไฟของมอเตอร์
kWh input = (kW output) x (% Load) x เชื่อมการใช้งาน
Efficiency

ตัวอย่างการคำนวณค่าไฟของมอเตอร์

ตัวอย่างการคำนวณค่าไฟของมอเตอร์ 2

ตัวอย่างการคำนวณค่าไฟของมอเตอร์ 3

การพิจารณาเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

เลือกมอเตอร์ที่มีชั่วโมงการใช้งานสูง

"ชั่วโมงการใช้งานยิ่งสูง
ยิ่งคุ้มค่า"

เปรียบเทียบราคา มอเตอร์ กับ ค่าไฟใน 10 ปี

มอเตอร์	มอเตอร์	ราคารวม 10 ปี
		1,792,550 บาท
		21,880,640 บาท
		41,910,440 บาท

ค่าซื้อมอเตอร์ กับ ค่าไฟ

ระยะเวลาคืนทุน
เพื่อเลือกหรือเปลี่ยนมาใช้
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

หลักการพิจารณา
เลือกซื้อ
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

เอกสารรับรอง

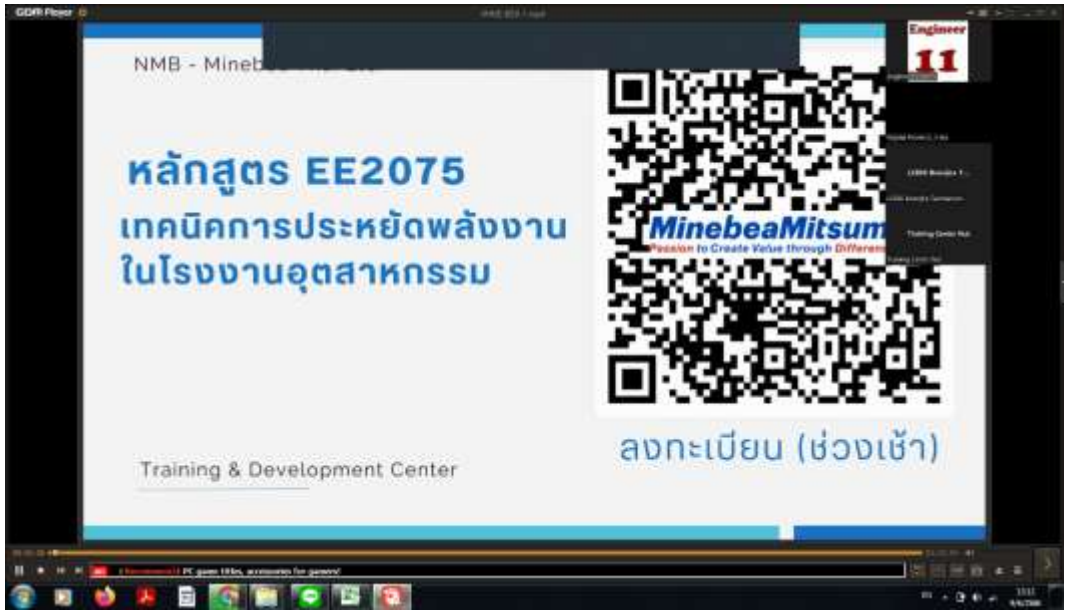
การรับประกัน การบริการหลังการขาย

สรุปการหลักการเลือกซื้อมอเตอร์ไฟฟ้า

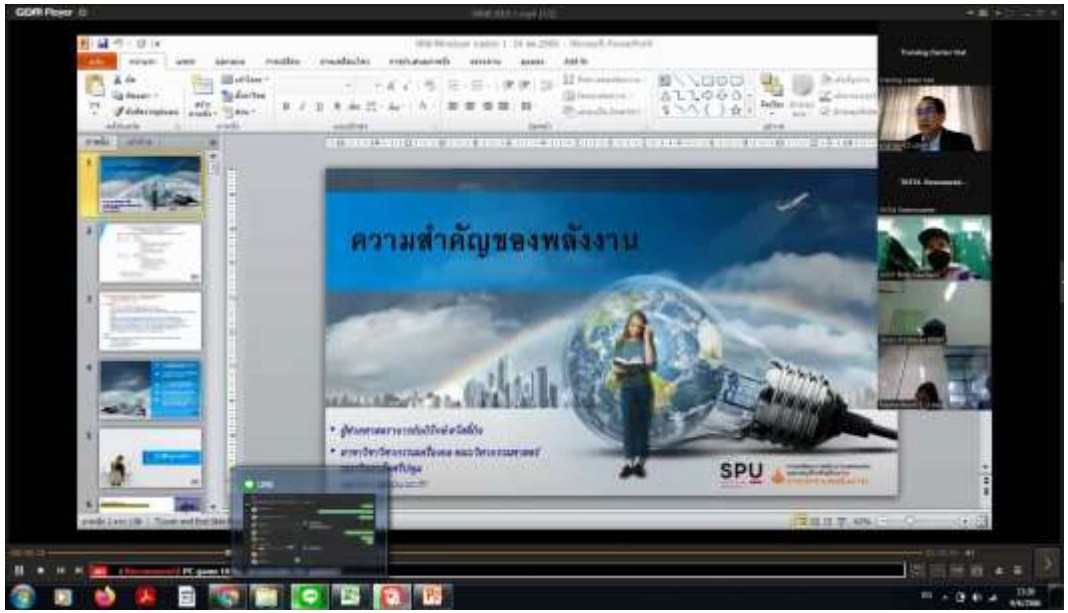
- ไม่ควรตัดสินใจซื้อมอเตอร์ เพียงเพราะ เป็นมอเตอร์ราคาถูก เพียงอย่างเดียว
- เลือกมอเตอร์ที่มีค่าประสิทธิภาพสูง เนื่องจากค่าประสิทธิภาพนี้สูง จะสามารถทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก
- มีการคำนวณค่าบำรุงการประหยัดพลังงาน และคำนึงถึงความคุ้มค่า

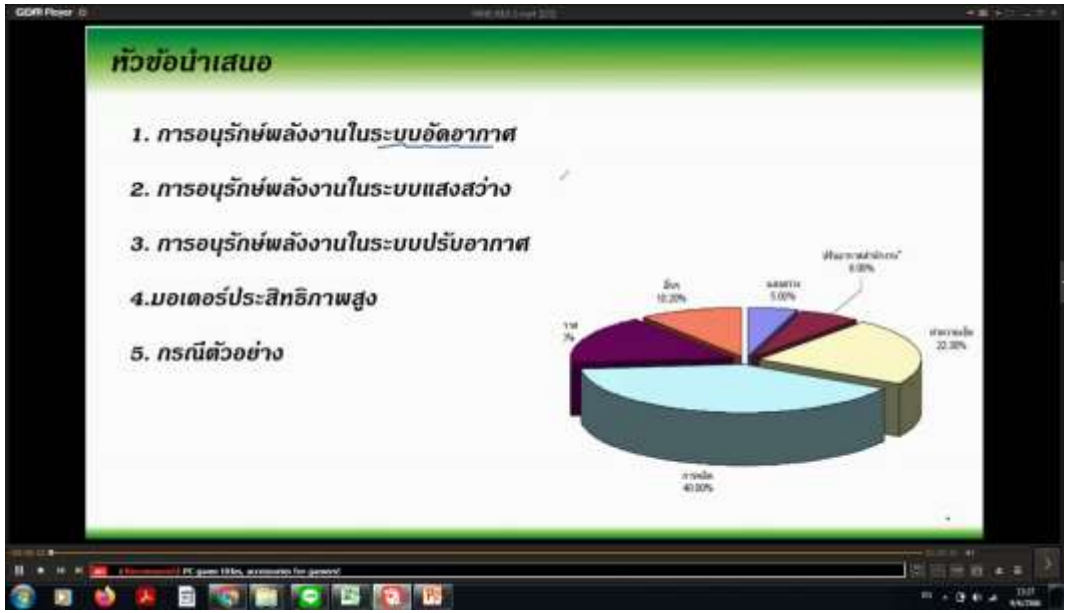
พิจารณาถึงความน่าเชื่อถือ

Thank you
Q&A
You have Questions
We have Answers

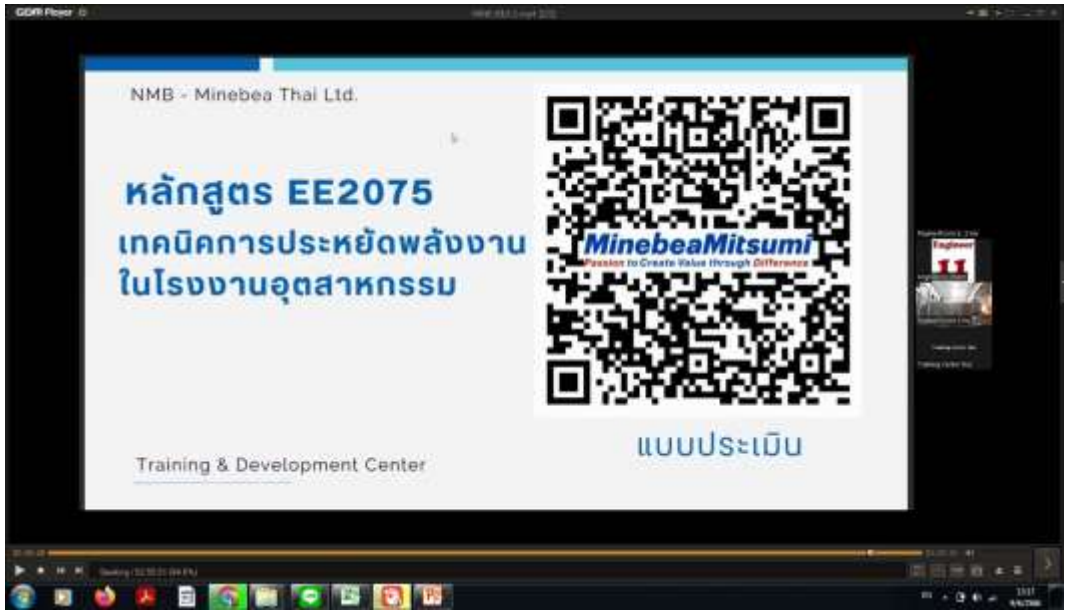

NMB - Mineb
หลักสูตร EE2075
เทคนิคการประหยัดพลังงาน
ในโรงงานอุตสาหกรรม
MinebeaMitsumi
Training & Development Center
ลงทะเบียน (ช่วงเช้า)

Training BPI
Training Center A...
Preeranut
GM and PMA Divi...


ความสำคัญของพลังงาน
SPU


หัวข้อนำเสนอ
1. การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ
2. การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง
3. การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ
4.มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
5. กรณีตัวอย่าง

[Playing]
T6374 Ratanawad...


NMB - Minebea Thai Ltd.
หลักสูตร EE2075
เทคนิคการประหยัดพลังงาน
ในโรงงานอุตสาหกรรม
MinebeaMitsumi
แบบประเมิน
Training & Development Center